

第 1 圖

後 (No. 6) によつて焼入性の向上と共に材力が上つて居り、その Merit Factor: Me を比べると、SH 85 のレベルから SH 100 のレベルに向上したものと云い得る。(之は 25mm ϕ の油焼入を規格の熱処理によつて行つた場合である)。No. 8 は更に之に上廻る材力を有している。

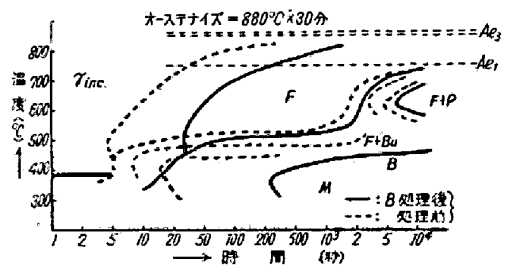
猶ほ各鋼種の變態點 (特に A_{c1}) が焼入處理及歪みの問題と關連し、實用性の難易の一ファクターとなるのでダイヤライトメーター實測値によつて之を比較して見ると

No.	鋼 種	G	A_{c1}	A_{c3}	$A_{r'}$	$A_{r''}$	終點
1	CrMo	6 760	855	690	—	600	°C
2	CrMo+B	8 770	870(860)	490	370	—	°C
5	低NiCrMo	8 725	800(880)	490	340	—	°C
6	同上+B	>8 725	800	—	430	305	°C
8	NiCrMoB	8 750	810	—	410(300)	—	°C
—	SH 80 A	7 700	790	620	—	540	°C
—	SH 100	7 695	750	550	405	300	°C

冷却速度: 空冷
昇熱速度: $-7^\circ/\text{sec.}$ at 700°C
 $+10/\text{min}$

の如くであつて、特に Cr 多い SH85B の B 處理は Ti の共存によつて A_{c3} の上 3 現象が認められる事があり、通常行われている 850°C 前後の二次焼入によつては不完全焼入となり且つ硬化能も上つていないから注意を要する。かような例の試片について顯微鏡硬度を主として恒温變態の實驗を行つた處第 2 圖の如き TTT 曲線を得た。即ち B の効果は他の例に於て認められると同様にパーライト域の初析フェライト析出を遅らせるがパーライト變態には大きな變化を與えない。中間以下の段階の變態は開始終了點共に遅れ、溫度としては大きな變化は無い。オーステナイズする溫度は B 及び Ti の入つた試片は 870°C を越えぬと完全な焼入硬化能を得られず、恒温變態又は焼入處理によつて得られる組織は顯微鏡的にも不均一な二相に分離されたものとなりやすく材力は極めて悪化する。

強靱鋼についてはその材力の要求の主なるものがソルバイト組織に於て使用されるものであり、之を上述のメリットファクター: Me によつて比べる場合、SCMo,



第 2 圖 SH 85 B 及同 B 處理鋼の恒温變態圖

SCr, SNC 等の鋼種に於て試験片上には大きな差は見せず、約 $Me=100$ の線を上下している。當社の約 200 チャーチ弱のデーターを綜合して見ると各鋼種共大差なく Me として $\bar{Me}=101$, $2\sigma \div 10$ 程度を示し、寧ろ重要なのは實用上のマセフェクトと實際の熱處理時の變態組織が如何なるものが得られるかと云う事である。

衝撃値に關しては焼戻脆性に着目して安全な鋼種を選ぶ必要があるが、FeTiB の使用法が茲に述べた範圍程度であれば寧ろ $250\sim 300^\circ\text{C}$ 焼戻の高强度の使用途に對して優れた衝撃値を示し、他は大差ないデーターを得ている。(數値省略)

III. 綜 括

以上主として實用上の要求に對する觀點から試作研究の結果を述べ検討を加えたが結論的に、

- 1) B 及び Ti の添加條件については製鋼技術上の検討をも要するが、本合金 1~2 kg/T の添加によつて Al 處理後安全に熱處理性改善の目的を達する事が出来る。
- 2) B 處理の意義を有効にするには Cr の多い鋼種よりは Ni 0.5~1.5% 程度のトリプルアロイ系統のものの方が實用性に於て種々の點で優れている。
- 3) 特に比較的 Cr の高い鋼種で炭素量低い (0.15% 以下) ものでは B-Ti 合金によつて加熱變態點の上昇が認められ實用性を害する事がある。
- 4) B 處理によつて、Ni, Mo の高い鋼種と同等の材力、信頼性のある使い易い鋼種を得られ經濟上には低級鋼と同等の線で利用出来るから實用上均質な熱處理が容易となり量産に適する。

(54) 含ボロン鋼の研究 (I)

特殊製鋼 K. K. 工 山 中 直 道
工 〇 日 下 邦 男
小 泉 武 二

含ボロン鋼に就ては我が國に於ても最近各方面で研究され、その焼入性の向上により Ni, Cr, Mo 等の合金元

素節約の可能性が認められるに至つたが未だ實用化の域には達していない。吾々はボロン鋼の實用化を促進するには現用 JIS 規格を基幹として研究を行うのが適當と考え、現在工場で製造しつつある各種肌焼鋼、強靱鋼に就てボロンの添加方法並に焼入性及機械的性質に及ぼすボロンの影響等を調べたのでその結果について報告する。

I. Jominy 鑄造試片によるボロン

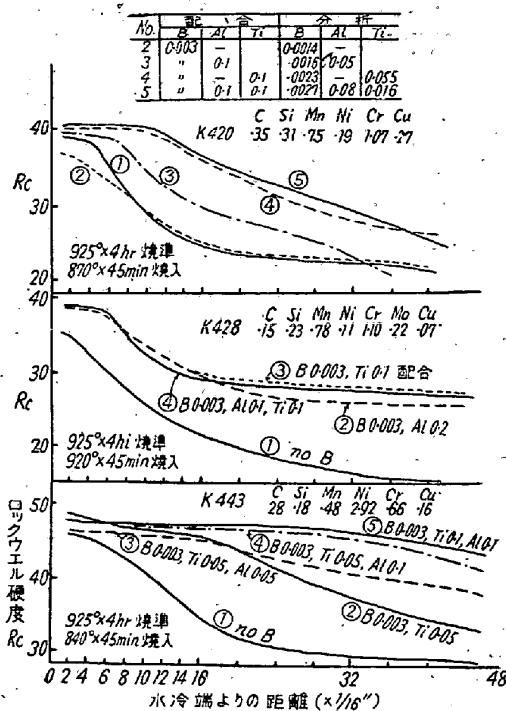
添加法の實驗

ボロン添加法に就ては實際製鋼作業に於て取鍋下より spoon に約 3 kg の熔鋼を受け B を添加したものとしないうもの、及 Al, Ti を種々に變えて B と同時に添加して 1 1/8" φ の Jominy 鑄造試片を採取した。これを 925°C × 4 hr 焼準後 1" φ に加工し焼入性試験を行い又 B 分析をも實施して添加法の比較を行つた。使用 Fe-B は下記の如き成分のもので歩留り 70% として配合した。

	C	Si	Mn	Ti	Al	B
Fe-B	0.10	2.68	0.20	2.94	4.8	11.03

尙 B 分析はアルコール蒸溜カーミン發色法により實施した。第 1 圖に添加方法を變えた場合の硬度曲線の一例を示す。これ等の結果を綜合すると次の如くなる。

a) B のみ 0.003% 添加では効果なし。b) Al 0.1%, B 0.003% ではあまり効果はない。Al 0.2% となると効果が現われる。c) Ti 0.05% 單獨では効果が少い。Ti 0.1% となると効果が現われる。したがつて本 Fe-B 合金を用いて B 添加を有効ならしめるには Ti 0.1%; Al 0.2%; Ti 0.05; Al 0.1; Ti 0.1, Al 0.1 を同時添加すればよいことがわかつた。



第 1 圖 鑄造試片の一端焼入硬化能曲線

II. 各種肌焼鋼、強靱鋼に及ぼす B 添加の影響

實際製鋼作業に於て取鍋下より約 10kg の熔湯を連台に受け、B を添加しないもの及 B 0.003%, Al 0.1, Ti 0.1% 添加したものより 7kg 試験鋼塊を採取し、之を 30φ に鍛造後 Jominy 試片を採取し残部を 16φ に壓延して機械試験を行つた。供試材の化學成分及結晶粒度は第 1 表の如くである。

(A) 肌焼鋼に及ぼす B の影響

1) 焼入硬化能

第 1 表 供試材化學成分

類別	熔番	鋼種	化學成分 (%)										結晶粒度	
			C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	B	Al	Ti	無 B	含 B
肌 焼 鋼	K418	SCMoA1	.15	.21	.74	.16	1.10	.20	.21	.0025	.05	.061	G3(60)G5(40)	G6
	K423	"	.18	.24	.68	.18	.99	.21	.25	.0022	.05	.033	G4(50)G5(50)	G7
	K429	SCMoA2	.20	.25	.75	.23	1.09	.22	.12	.0027	—	—	G6.5	G7.5
	8507	SCrA 2	.20	.30	.67	.13	1.01	—	.26	.0030	.102	.095	G5(10)G7(90)	G8.5
	K421	SH 50	.15	.24	.46	.24	—	—	.30	.0023	.07	.048	G5	G8
	8515	SH 80	.13	.20	.42	2.24	.22	—	.23	.0017	.02	.016	G7(60)G8(40)	G7(50)G9(50)
強 靱 鋼	8500	SCrA6	.42	.27	.68	.19	1.04	—	.29	.0028	.03	.061	G7.5	G8.5
	8516	SOMo90	.33	.28	.37	.20	1.12	.21	.28	.0023	.07	.033	G7(50)G8(50)	G7(30)G8(70)
	K425	SNC 1	.35	.25	.53	1.12	.69	—	.18	.0020	.08	.089	G5(50)G7(50)	G8
	8511	SNC 2	.32	.28	.39	2.68	.77	—	.24	.0024	.08	.09	G7	G7
	K440	SNC 3	.39	.23	.48	3.01	.79	—	.12	.0018	.03	.023	G4(20)G7(80)	G8
	8869	SMnC 75	.28	.30	1.25	.14	.77	—	.28	.0025	—	—	G6	G7
そ の 他	8522	(SK7)	.64	.29	.37	.15	.13	—	.23	.0020	.07	.058	G7	G7
	8529	SUP 6	.57	1.66	.77	.35	.19	—	.24	.0028	.08	.09		

標準 Jominy 試片による焼入硬度曲線を求めこれより Jominy 試片上における 90% M 點及 50% M 點の水冷端よりの距離を測り Ideal diameter に換算した。之より Multiplying factor を算出した結果は 1.75~2.0 となり B 添加により焼入性は著しく改良される。

2) 變態點

熱膨脹計により加熱(5°C/min)及空冷時(700°C に於て 3.4°C/sec, 540°C に於て 1.8°C/sec)の變態點を測定した。B 添加は A_{c1} には變化を與えず, A_{c3} 點は同時添加の Al, Ti により僅か上昇する。 A_r 變態は鋼種により差はあるが何れも B 添加により降下する。即 Ni 肌焼鋼では A_{r1} の降下は僅かであるが Cr-Mo 肌焼鋼に於ては A_{r1} 變態は完全に阻止されて A_r' 變態のみが現われる。

3) 結晶粒度

B はオーステナイト粒度粗大化溫度を低める傾向があると言われているので, 1000°C, 1100°C における粒度を滲炭法により測定したが B 添加による粗大化は認められなかつた。これは同時添加の Al, Ti の作用によるものと思われる。

4) 滲炭層硬化能

滲炭層組織及滲炭深さには B 添加による差異は別に認められなかつた。次に高炭素組織に於ては B の効果が消失することが知られているので豫め Jominy 試片の棒面兩側を平行に 0.35mm 研磨して滲炭爐冷後 Cr-, Cr-Mo 肌焼鋼は 820°C, 炭素-, Ni 肌焼鋼は 780°C に加熱して一端焼入した。

先づ滲炭層表面の硬度分布を求め、遂次研磨して各々の場合について硬度を測定した。滲炭層表面に於ては B の効果は Cr-Mo 系に僅かに認められる他は、殆ど消失する。0.3mm 研磨面に於ては B の効果が現われ、Cr-Mo, Cr, Ni 肌焼鋼の順に硬化能の増加が減つている。

5) 機械的性質

熱処理後の芯部の機械的性質に及ぼす B の影響をみるために A_{c3} 以上より一次焼入後 A_{c1} 以上より二次焼入を行つて低温焼戻後引張試験、衝撃試験を実施した。試験片は 16φを用いた。この結果について抗張力—衝撃値の關係を求めると Ni, Cr, Cr-Mo 肌焼鋼は何れも抗張力、衝撃値共に上昇し芯部の強度が向上することがわかつた。

(B) 強靱鋼に及ぼす B の影響

1) 焼入硬化能

肌焼鋼の場合と同様に試験した結果 M.F は 1.5~1.7 となり B 添加により硬化能が大となる。

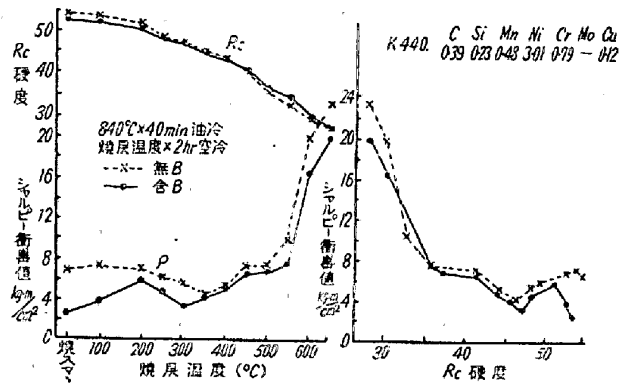
2) 變態點及結晶粒度

肌焼鋼の場合と同様に含 B 鋼は A_{c1} には變化はないが

A_{c3} は約 5°C 上昇する。これは Al, Ti 含有のためと思われる。 A_r 變態は鋼種により差はあるが、何れも B 添加により降下する。

3) 機械的性質

16φ 試験棒を焼入焼戻(500~650°C)して引張、衝撃試験を実施した結果、無 B, 含 B 鋼の間に大差は認められなかつた。次に豫め仕上げ加工を施したシャルピー試験片を焼入後 100~650°C に焼戻して硬度並に衝撃値相互の變化を求めた結果、低温焼戻では B 処理により靱性が向上し且 300~350°C の低温脆性が小となる。高温焼戻状態に於ても B 添加による靱性の低下は殆ど認められなかつた。一例として Ni-Cr 鋼 3 種の結果を第 2 図に示す。



第 2 圖 焼戻性能曲線

(C) 高炭素鋼に對する B の影響

1) C 0.64% の高炭素鋼に於ても B 添加による焼入性の向上はかなり顯著で Multiplying factor は 1.5 となつた。

2) 16φ 試験棒を 840°C より油冷して 400~700°C に焼戻して引張、衝撃試験を行つた。焼入硬度は無 B が H_B 321 であるのに対して含 B では H_B 569 となり焼入性の向上を示している。この結果として焼戻後の靱性は B 添加により向上した。

(55) 耐熱鋼 Timken に及ぼす窒素の影響 (III)

時効硬化に及ぼす常温加工の影響

東北大學教授 工博 今井勇之進

東北大學特別研究生 工 田野崎和夫

I. 緒言

前報に於て、Timken の溶體化處理せるもの、時効硬化に就て述べたが、本材料の如くホットコールド・ワーク或は、コールドワーク等が行われ、更に高温高壓力下